

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

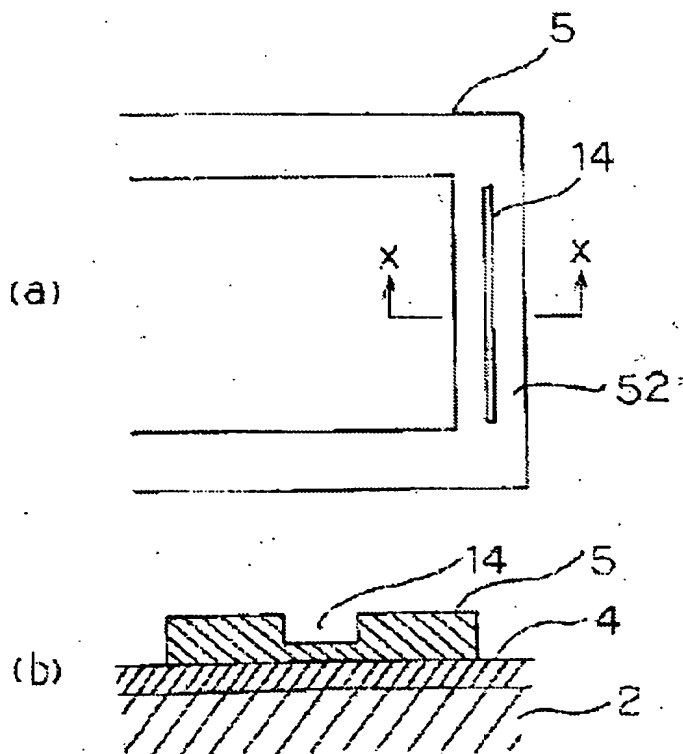
**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# CERAMIC HEATING RESISTOR AND ITS APPLIED WAFER HEATING DEVICE

**Patent number:** JP2001244059  
**Publication date:** 2001-09-07  
**Inventor:** TANAKA SATOSHI  
**Applicant:** KYOCERA CORP  
**Classification:**  
 - international: H05B3/20; H01L21/205; H01L21/3065; H01L21/324;  
 H01L21/68; H05B3/12  
 - european:  
**Application number:** JP20000050975 20000228  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP2001244059

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To equalize a wafer's temperature in a ceramic heater, which has a heating resistor on one principal surface of a ceramic tabular body and a power feeding part connected electrically to the heating resistor, and when the thickness of the tabular body is thinned, the placed wafer's temperature hardly becomes uniform due to the insufficient ease of the temperature distribution generated at the heating resistor.  
**SOLUTION:** At least a part of the heating resistor is formed as a resistance regulation part in which the value of resistance is trimmed within three times against that of the surrounding pattern.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

文献7

(11) 特許出願公開番号

特開2001-244059

(P2001-244059A)

(43) 公開日 平成13年9月7日 (2001.9.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 5 B 3/20	3 9 3	H 0 5 B 3/20	3 9 3 3 K 0 3 4
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	3 K 0 9 2
21/3065		21/324	K 5 F 0 0 4
21/324		21/68	N 5 F 0 3 1
21/68		H 0 5 B 3/12	A 5 F 0 4 5
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-50975(P2000-50975)

(22) 出願日 平成12年2月28日 (2000.2.28)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地

(72) 発明者 田中 智

鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内

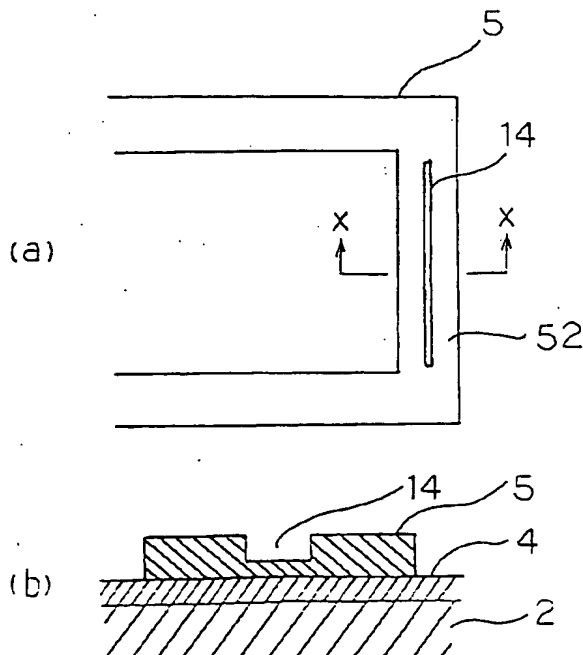
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックヒーター及びこれを用いたウエハ加熱装置

(57) 【要約】

【課題】セラミックスからなる板状体の一方の主面に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電気的に接続される給電部を具備してなるセラミックヒーターにおいて、板状体の厚みを薄くすると、発熱抵抗体で発生した温度分布が十分緩和されず、載置したウエハの温度がなかなか均一にならないという課題があった。

【解決手段】上記発熱抵抗体の少なくとも一部を、周囲のパターンの抵抗値に対し3倍以内の抵抗値にトリミングした抵抗調整部を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】セラミックスからなる板状体の一方の主面に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電氣的に接続される給電部を具備してなるセラミックヒーターにおいて、前記発熱抵抗体の少なくとも一部に、周囲の抵抗値に対し3倍以内の抵抗値となるように調整した抵抗調整部を有することを特徴とするセラミックヒーター。

【請求項2】前記抵抗調整部が周囲よりも厚みが薄いことを特徴とする請求項1記載のセラミックヒーター。

【請求項3】前記抵抗調整部が、発熱抵抗体のパターンに略並行な凹部を有することを特徴とする請求項1記載のセラミックヒーター。

【請求項4】前記凹部の深さが、発熱抵抗体の厚みに対し90%以下であることを特徴とする請求項3記載のセラミックヒーター。

【請求項5】前記凹部がレーザートリミングにより形成されたものであり、発熱抵抗体に発生したクラックの幅が前記凹部から100 $\mu$ m以下であることを特徴とする請求項3記載のセラミックヒーター。

【請求項6】前記凹部がレーザートリミングにより形成されたものであり、発熱抵抗体に発生した反応層の幅が前記凹部から150 $\mu$ m以下であることを特徴とする請求項3記載のセラミックヒーター。

【請求項7】前記発熱抵抗体を構成する導通成分が、Pt族金属、Au、もしくはこれらの合金を主成分としていることを特徴とする請求項3記載のセラミックヒーター。

【請求項8】前記板状体の発熱抵抗体と反対側の主面をウェハ載置面とし、ウェハの加熱に用いることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のセラミックヒーター。

【請求項9】請求項8記載のセラミックヒーターを支持体に接合し、上記給電部に導通端子を接続したことを特徴とするウェハ加熱装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主にウェハを加熱するのに用いるウェハ加熱装置とこれに用いるセラミックヒーターに関するものであり、例えば、半導体ウェハや液晶基板あるいは回路基板等のウェハ上に半導体薄膜を生成したり、前記ウェハ上に塗布されたレジスト液を乾燥焼き付けしてレジスト膜を形成するのに好適なウェハ加熱装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】例えば、半導体製造装置の製造工程における、半導体薄膜の成膜処理、エッチング処理、レジスト膜の焼き付け処理等においては、半導体ウェハ（以下、ウェハと略す）を加熱するためにウェハ加熱装置が用いられている。

【0003】従来の半導体製造装置は、まとめて複数のウェハを成膜処理するバッチ式のものが使用されていたが、ウェハの大きさが8インチから12インチと大型化するにつれ、処理精度を高めるために、一枚ずつ処理する枚葉式と呼ばれる手法が近年実施されている。しかしながら、枚葉式にすると1回当たりの処理数が減少するため、ウェハの処理時間の短縮が必要とされている。このため、ウェハ支持部材に対して、ウェハの加熱時間の短縮、ウェハの吸着・脱着の迅速化と同時に加熱温度精度の向上が要求されていた。

【0004】上記のようなウェハ加熱装置1の例として、例えば特開平11-283729号公報に示してあるようなウェハ加熱装置がある。このウェハ加熱装置は、図9に示すように、支持体31、均熱板22および板状反射体としてのステンレス板33を主要な構成要素としている。支持体31は有底状の金属製部材（ここでは、アルミニウム製部材）であって、断面円形状の開口部34をその上部側に備えている。この支持体31の中心部には、図示しないウェハ支持ピンを挿通するためのピン挿通孔35が3つ形成されている。ピン挿通孔35に挿通されたウェハ支持ピンを上下させれば、ウェハWを搬送機に受け渡したり、ウェハWを搬送機から受け取ったりすることができる。また、不図示の発熱抵抗体の端子部には、導通端子27がロウ付けされており、該導通端子27がステンレス板33に形成された穴57を挿通する構造となっている。また、底部31aの外周部にはリード線引出用の孔36がいくつか形成されている。この孔36には、発熱抵抗体に電流を供給するための不図示のリード線が挿通され、該リード線は前記導通端子27に接続されている。

【0005】また、均熱板22を構成するセラミック材料としては、窒化物セラミックスまたは炭化物セラミックスが用いられ、発熱抵抗体25は、図10に示すように、同心円状に形成した複数のパターンに通電することにより、均熱板22を加熱するセラミックヒーターを使用したものが提案されている。

【0006】ところで、ウェハ加熱装置としての均熱板22は、ウェハW面内の温度分布を $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の範囲内に精密に調節する必要がある。このため、最近では図11に示したように、加熱手段もしくは冷却手段を有するアルミニウム製の均熱板22から一定の間隔を置いた位置にウェハWを均熱板22と並行になるように、均熱板22に形成された凹部58に設置された球状の支持ピン59により離間支持して基板の熱処理を行うことが提案されている（特開平8-70007号公報）。

【0007】このように、均熱板22からウェハWを離間して保持することにより、均熱板22とウェハWの反りや平坦度の差による接触・非接触に起因する温度ハズキを低減することが可能である。また、従来使用されているアルミニウム製の均熱板22についてこのような

10

20

30

40

50

手法を使用する場合、均熱板22自体の厚みが厚いため、発熱抵抗体25で発生する温度分布を均熱板22の厚みにより緩和することができるので、さらに良好な均熱を保つことができた。このアルミニウム製の均熱板22の課題は、熱量量が大きいため、加熱冷却の操作に非常に時間が掛かる点にあった。

【0008】これに対し、最近の動きとして、加工時間の短縮により装置のランニングコストを低減しようという要求が出てきた。すなわち、ウエハWを均熱板22に設置した後、たとえばレジストの乾燥等の処理が短時間でできるように、剛性が高く高熱伝導性で薄いセラミックス製の均熱板22に発熱抵抗体を形成し加熱する方式が提案されるようになってきた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のようなウエハ加熱装置において、均熱板の厚みを薄くすると、発熱抵抗体で発生した温度分布が十分緩和されず、ウエハWの温度がなかなか均一にならないという問題があった。

【0010】また、近年注目されている枚葉式のウエハ加熱装置に使用される均熱板は、ウエハに対する処理のタクトタイムを短縮するために、厚みを1〜7mmと薄くし、加熱および冷却のサイクルタイムが短くなるように調整する必要がある。しかしながら、ウエハの表面全体を±0.5℃というレベルに均一に加熱するには、発熱抵抗体を通常のプリント法により形成することだけでは目標を達成できないという課題があった。

【0011】熱応答性を高めるため、均熱板2の材質として熱伝導率が50W以上と良好なセラミックスを使用しても、この程度の厚みでは、発熱抵抗体5により形成された温度分布を緩和することができない。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記の課題について鋭意検討した結果、ウエハ加熱装置を成すセラミックヒーターとして、セラミックスからなる板状体の一方の主面に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電気的に接続される給電部を具備するとともに、前記発熱抵抗体の少なくとも一部に、周囲の抵抗値に対し3倍以内の抵抗値となるように調整した抵抗調整部を有することにより、全体の発熱バランスを均一にし、良好な温度分布が得られることを見出した。

【0013】また、前記抵抗分布の調整方法として、発熱抵抗体の厚み方向への研磨や、発熱抵抗体パターンに略並行なレーザトリミングが有効であることを見出した。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0015】図1は本発明に係るウエハ加熱装置の一例を示す断面図であり、炭化珪素、アルミナまたは窒化ア

ルミニウムを主成分とするセラミックスの板状体からなる均熱板2の一方の主面をウエハWを載せる載置面3とするとともに、他方の主面にガラス又は樹脂等からなる絶縁層4を介して発熱抵抗体5を形成し、該発熱抵抗体5に電気的に接続する給電部6を具備してセラミックヒーターを構成したものである。

【0016】発熱抵抗体5のパターン形状としては、図2に示したような渦巻き状や折り返し状のパターン、もしくは図3、4に示したように複数のブロックに分割され、個々のブロックが円弧状のパターンと直線状のパターンとからなる渦巻き状やジグザクな折り返し形状をしたものとして行うことができる。そして、発熱抵抗体5を複数のブロックに分割する場合、それぞれのブロックの温度を独立に制御することにより、載置面3を均一に加熱できるようにすることが好ましい。

【0017】本発明の発熱抵抗体5は、少なくともその一部に周囲と抵抗値の異なる抵抗調整部を形成して、発熱抵抗体5による均熱板2の加熱が均一になるようにすることを特徴とする。また、抵抗値の調整範囲は、3倍以内とするが、これは周囲に較べて3倍を越えて抵抗値を調整すると、抵抗調整部が異常発熱し発熱抵抗体の耐久性が劣化してしまうためである。

【0018】また、抵抗調整部を形成する手法としては、図5(a)に示した発熱抵抗体5を、例えばゴム砥石を先端に取り付けたリユーター等を用いて厚み方向にパターンを研磨する事により、図5(b)に示したように発熱抵抗体5を削って、周囲よりも厚みが薄く、その結果抵抗値を高くした抵抗調整部52を形成することができる。

【0019】例えば、図3のように均熱板2に複数のブロックに分割した発熱抵抗体5が形成されている場合、それぞれのブロックの間に温度の低い部分が形成されやすい。このような場合に、発熱抵抗体5のブロック間近傍部位を、ゴム砥石を先端に取り付けたリユーターを用いて削ることにより、抵抗値の高い抵抗調整部52を形成し、この部分の発熱量を増やすことにより、均熱板2全体の温度分布を均一にすることができる。

【0020】また、一般に、電流は最短距離を流れようとするので、上記のようなブロックとブロックの間部分では、電流が見掛けの間隔より離れて流れるようになり、このため、この部分の温度が下がる傾向になる。そこで、前記抵抗調整部52を外側が厚くなるように、削る面にテーバーを付けることにより、幅方向の抵抗分布を細かく調整することも可能である。

【0021】このように、発熱抵抗体5の必要な部分に抵抗調整部52を形成することにより均熱板2の温度精度を向上させることができる。

【0022】次に抵抗調整部52を形成するための他の手法を説明する。図6(a)および(b)に示したように、発熱抵抗体5の一部にその全長方向に沿って凹部1

4をレーザートリミングにより形成し、この部分を抵抗調整部52とすることができる。また、この場合、発熱抵抗体5に複数の凹部14を並列に形成する事により抵抗調整範囲を広げる事が可能である。

【0023】また、発熱抵抗体5はプリント法で形成するのでミクロに見ると厚みバラツキが存在し、またポーラスな組織となるので、抵抗調整できるレベルまでレーザートリミングすると、一部はガラスからなる絶縁層4にまでレーザーが到達する場合がある。レーザートリミングが絶縁層4にまで達すると、加熱冷却時の熱衝撃により絶縁層4にクラックが発生し易くなり、その結果発熱抵抗体5にもクラックが発生する。さらに、使用時の昇降温の繰り返しによりクラックが成長し発熱抵抗体5の抵抗が大きく変化するという問題が発生する。

【0024】この問題を改善するため、図6に示したように、0.7～2W程度の低出力レーザートリミングを用いて形成した凹部14の深さを発熱抵抗体5の厚みの2/3程度とすることにより、発熱抵抗体5にクラックが発生するのを防止した。通常、レーザートリミングは、そのビーム径を細く深さを深く加工する方向に改良が進められているが、本発明のレーザートリミングは、どちらかという広く浅くトリミングする方向を指向している。このように、レーザートリミングの出力を下げることで、抵抗調整部14を形成した発熱抵抗体5に、図7に示したようなクラック16や図8に示したような反応層51が生成することを抑制し、発熱抵抗体5の耐久性が低下するのを抑制することができる。

【0025】ここで、レーザーの出力をパラメータとしてトリミングを説明したが、レーザー加工は出力×時間で規定されるものであり、加工速度を変えると総体的に加工量が変動する。ちなみに、今回の評価は、レーザー波長が1.06μmのYAGレーザーを用い、トリミング速度を5mm/secに設定して実施したものである。

【0026】また、レーザートリミング時には、絶縁層4および発熱抵抗体5にクラックが発生しないようにする事が好ましいが、図7に示すように絶縁層4にレーザートリミング方向に生じるクラック16の幅aを凹部14から100μm以下とすれば、良好な耐久性を維持できることを見出した。

【0027】さらに、図8に示すように、レーザートリミングを施した際に発熱抵抗体5表面の膨れとして現れる反応層51に関しては、その幅bをレーザートリミングした凹部14から150μm以下とすることにより、良好な耐久性が得られることが判った。この反応層51は、トリミングパターン付近の電子顕微鏡写真により発熱抵抗体5の膨らみとして確認することができる。このように、抵抗調整部52に形成された凹部14の周囲の発熱抵抗体5が、レーザーの熱により変化するため、上記反応層51の幅bが150μmより大きくなると、耐

久性が劣化する。

【0028】なお、耐久性は、250℃まで1分で昇温させ3分間保持し、強制空冷により2分で40℃以下まで冷却するサイクルを5000サイクル繰り返した前後の抵抗変化を調査することにより評価した。

【0029】また、レーザートリミングは通常大気中で実施するので、発熱抵抗体5中に含まれる導通成分として、耐熱性および耐酸化性が良好なPt族金属、Au、もしくはこれらの合金を主成分とするものを使用することが好ましい。発熱抵抗体5としては、絶縁層4との密着性および発熱抵抗体5自体の焼結性を向上させるために、30～75重量%のガラス成分を混合することが好ましい。

【0030】さらに、本発明のウエハ加熱装置は、図1に示すように、上記均熱板2に発熱抵抗体5を備えてなるセラミックヒーターを支持体11に接合し、給電部6に導通端子7を接続したものである。このとき、給電部6と導通端子7の接続手段を弾性体8による押圧としているため、均熱板2と支持体11の温度差による両者の膨張の差を接触部分の滑りで緩和できるので、使用中の熱サイクルに対し良好なウエハ加熱装置とすることができる。この押圧手段である弾性体8としては、図1に示すようなコイル状のバネや、他に板バネ等を用いて押圧するようにしても構わない。

【0031】これらの弾性体8の押圧力としては、0.3N以上の荷重を導通端子7に掛けるようにすればよい。弾性体8の押圧力を0.3N以上とする理由は、均熱板2および支持体11の膨張収縮による寸法変化に対し、それに応じて導通端子7が移動しなければならないが、装置の構成上導通端子7を均熱板2の下面から給電部6に押し当てるようにしているため、導通端子7の摺動部との摩擦により導通端子7が給電部6から離れることを防止する為である。

【0032】また、導通端子7の給電部6との当接面側の径は、1.5～4mmとすることが好ましい。さらに、導通端子7を保持する絶縁材9は、その使用温度に応じて、200℃以下の温度では、ガラス繊維を分散させたPEEK（ポリエトキシエトキシエトン樹脂）材のものを用いることが可能であり、また、それ以上の温度で使用する場合は、アルミナ、ムライト等からなるセラミック製の絶縁材9を用いることが可能である。

【0033】このとき、導通端子7の少なくとも給電部6との当接部を、Ni、Cr、Ag、Au、ステンレスおよび白金族の金属のうち少なくとも1種以上からなる金属により形成することが好ましい。具体的には、導通端子7自体を上記金属で形成するか、または導通端子7の表面に該金属からなる被覆層を設けることもできる。また、導通端子7と給電部6の間に上記金属からなる金属箔を挿入することにより、導通端子7表面の酸化による接触不良を防止し、均熱板2の耐久性を向上させるこ

とが可能である。具体的には、前記給電部6と導通端子7の間に、Ni、Cr、Ag、Au、ステンレスおよび白金族の金属うち少なくとも1種以上からなる金属箔16を挿入すると、電気的な接触の信頼性が増すと同時に、均熱板2と支持体11の温度差に起因する寸法差を金属箔の面の滑りで緩和できる。

【0034】また、導通端子7の表面にブレーチング加工やサンドブラスト加工を施したりして、表面を荒らすことにより接点が点接触となることを防止すると、さらに接触の信頼性を向上させることができる。

【0035】なお、均熱板2は金属製の支持体11に、その開口部を覆うように設置してある。金属製の支持体11は、側壁部と一層もしくは多層の板状構造部13を有している。また該板状構造部13には、均熱板2の発熱抵抗体5に給電するための給電部6と導通するための導通端子7が絶縁材9を介して設置され、弾性体8により均熱板2の表面の給電部6に押圧されている。また、熱電対10は、均熱板2の中央部のウエハ載置面3の直近に設置され、熱電対10の温度を基に均熱板2の温度を調整する。発熱抵抗体5が複数のブロックに別れており、個別に温度制御する場合は、それぞれの発熱抵抗体5のブロックに測温用の熱電対10を設置する。

【0036】また、均熱板2には、該均熱板2を冷却するために不図示のガス噴射口、およびガスを排気するための開口部を形成しても構わない。このように均熱板2の冷却機構を設けることにより、ウエハWの表面に半導体薄膜やレジスト膜を形成したり、表面をエッチングしたりすることによりタクトタイムを短縮することができる。

【0037】また、板状構造部13は、2層以上とすることが好ましい。これを1層とすると、均熱となるのに時間がかかり好ましくない。なお、板状構造部13の最上層のものは、均熱板2から5～15mmの距離に設置することが望ましい。これにより、均熱板2と板状構造部13相互の放射熱により均熱化が容易となり、また、他層との断熱効果があるので、均熱となるまでの時間が短くなる。また、冷却時は、ガス噴射口12から均熱板2の表面の熱を受け取ったガスが、順次層外に排出され、新しい冷却ガスが均熱板2表面を冷却できるので、冷却時間が短縮できる。

【0038】また、支持体7内に昇降自在に設置された不図示のリフトピンにより、ウエハWを載置面3上に載せたり載置面3より持ち上げたりといった作業がなされる。そして、ウエハWは、不図示のウエハ支持ピンにより載置面3から浮かした状態で保持され、片当たり等による温度バラツキを防止するようにしている。

【0039】そして、このウエハ加熱装置1によりウエハWを加熱するには、不図示の搬送アームにて載置面3の上方まで運ばれたウエハWを不図示のリフトピンにて支持したあと、リフトピン8を降下させてウエハWを載

置面3上に載せる。

【0040】均熱板2を例えば炭化珪素質焼結体、炭化硼素質焼結体、窒化硼素質焼結体、窒化アルミニウム質焼結体または窒化珪素質焼結体により形成すると、熱を加えても変形が小さく、板厚を薄くできるため、所定の処理温度に加熱するまでの昇温時間及び所定の処理温度から室温付近に冷却するまでの冷却時間を短くすることができ、生産性を高めることができる。

【0041】均熱板2を形成する炭化珪素質焼結体は、主成分の炭化珪素に対し、焼結助剤として硼素(B)と炭素(C)を添加したり、もしくはアルミナ( $Al_2O_3$ )、イットリア( $Y_2O_3$ )のような金属酸化物を添加して十分混合し、平板状に加工したのち、1900～2100℃で焼成することにより得られる。炭化珪素はα型を主体とするものあるいはβ型を主体とするもののいずれであっても構わない。

【0042】また、炭化硼素質焼結体としては、主成分の炭化硼素に対し、焼結助剤として炭素を3～10重量%混合し、2000～2200℃でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。

【0043】そして、窒化硼素質焼結体としては、主成分の窒化硼素に対し、焼結助剤として30～45重量%の窒化アルミニウムと5～10重量%の希土類元素酸化物を混合し、1900～2100℃でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。窒化硼素の焼結体を得る方法としては、他に硼珪酸ガラスを混合して焼結させる方法があるが、この場合熱伝導率が著しく低下するので好ましくない。

【0044】また、均熱板2を形成する窒化アルミニウム質焼結体は、主成分の窒化アルミニウムに対し、焼結助剤として $Y_2O_3$ や $Yb_2O_3$ 等の希土類元素酸化物と必要に応じてCaO等のアルカリ土類金属酸化物を添加して十分混合し、平板状に加工した後、窒素ガス中1900～2100℃で焼成することにより得られる。

【0045】また、炭化硼素質焼結体としては、主成分の炭化硼素に対し、焼結助剤として炭素を3～10重量%混合し、2100～2200℃でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。

【0046】また、均熱板2を形成する窒化珪素質焼結体としては、主成分の窒化珪素に対し、焼結助剤として3～12重量%の希土類元素酸化物と0.5～3重量%の $Al_2O_3$ 、さらに焼結体に含まれる $SiO_2$ 量として1.5～5重量%となるように $SiO_2$ を混合し、1650～1750℃でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。ここで示す $SiO_2$ 量とは、窒化珪素原料中に含まれる不純物酸素から生成する $SiO_2$ と、他の添加物に含まれる不純物としての $SiO_2$ と、雰囲気からの影響を含め意図的に添加した $SiO_2$ の総和である。

【0047】また、均熱板2の温度は、均熱板2にその

先端が埋め込まれた熱電対10により測定する。熱電対10としては、その応答性と保持の作業性の観点から、外径1.0mm以下のシース型の熱電対10を使用することが好ましい。また、均熱板2に埋め込まれた先端部に力が掛からないように熱電対10の途中が支持部7の板状構造部13に保持されている。この熱電対10の先端部は、均熱板2に孔が形成され、この中に設置された円筒状の金属体の内壁面にパネ材により押圧固定することが測定の信頼性を向上させるために好ましい。

【0048】さらに、これらのウエハ加熱装置1をレジスト膜形成用として使用する場合は、均熱板2として窒化物を主成分とする材料を使用すると、大気中の水分等と反応してアンモニアガスを発生させレジスト膜を劣化させるため、この場合均熱板2として、炭化珪素や炭化硼素等の炭化物からなるものを使用することが好ましい。

【0049】また、この際、焼結助剤に水と反応してアンモニアやアミンを形成する可能性のある窒化物を含まないようにすることが必要である。これにより、ウエハW上に微細な配線を高密度に形成することが可能となる。

【0050】さらに、均熱板2の載置面3と反対側の主面は、ガラスや樹脂からなる絶縁層4との密着性を高める観点から、平面度20μm以下、面粗さを中心線平均粗さ(Ra)で0.1μm~0.5μmに研磨しておくことが好ましい。

【0051】一方、炭化珪素質焼結体を均熱板2として使用する場合は、半導電性を有する均熱板2と発熱抵抗体5との間の絶縁を保つ絶縁層4としては、ガラス又は樹脂を用いることが可能である。ここで、ガラスを用いる場合、その厚みが100μm未満では耐電圧が1.5kVを下回り絶縁性が保てず、逆に厚みが600μmを超えると、均熱板2を形成する炭化珪素質焼結体との熱膨張差が大きくなり過ぎるために、クラックが発生して絶縁層4として機能しなくなる。その為、絶縁層4としてガラスを用いる場合、絶縁層4の厚みは100μm~600μmの範囲で形成することが好ましく、望ましくは200μm~350μmの範囲で形成することが良い。

【0052】また、均熱板2を窒化アルミニウムを主成分とするセラミック焼結体で形成する場合は、均熱板2に対する発熱抵抗体5の密着性を向上させるために、ガラスからなる絶縁層4を形成する。ただし、発熱抵抗体5の中に十分なガラスを添加し、これにより十分な密着強度が得られる場合は、省略することが可能である。

【0053】この絶縁層4を形成するガラスの特性としては、結晶質又は非晶質のいずれでも良く、耐熱温度が200℃以上でかつ0℃~200℃の温度域における熱膨張係数が均熱板2を構成するセラミックスの熱膨張係数に対し-5~+5×10<sup>-1</sup>/℃の範囲にあるものを適宜選択して用いることが好ましい。即ち、熱膨張係数が

前記範囲を外れたガラスを用いると、均熱板2を形成するセラミックスとの熱膨張差が大きくなりすぎるため、ガラスの焼付け後の冷却時においてクラックや剥離等の欠陥が生じ易いからである。

【0054】次に、絶縁層4に樹脂を用いる場合、その厚みが30μm未満では、耐電圧が1.5kVを下回り、絶縁性が保てなくなるとともに、発熱抵抗体5に例えばレーザ加工等によってトリミングを施した際に絶縁層4を傷付け、絶縁層4として機能しなくなる。逆に厚みが150μmを超えると、樹脂の焼付け時に発生する溶剤や水分の蒸発量が多くなり、均熱板2との間にフクレと呼ばれる泡状の剥離部ができ、この剥離部の存在により熱伝達が悪くなるため、載置面3の均熱化が阻害される。その為、絶縁層4として樹脂を用いる場合、絶縁層4の厚みは30μm~150μmの範囲で形成することが好ましく、望ましくは60μm~150μmの範囲で形成することが良い。

【0055】また、絶縁層4を樹脂により形成する場合、200℃以上の耐熱性と発熱抵抗体5との密着性を考慮すると、ポリイミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、ポリアミド樹脂等を用いることが好ましい。

【0056】なお、ガラスや樹脂からなる絶縁層4を均熱板2上に被着する手段としては、前記ガラスペースト又は樹脂ペーストを均熱板2の中心部に適量落とし、スピンコーティング法にて伸ばして均一に塗布するか、あるいはスクリーン印刷法、ディッピング法、スプレーコーティング法等にて均一に塗布したあと、ガラスペーストの場合は600℃の温度で、樹脂ペーストの場合は300℃以上の温度で焼き付ければ良い。また、絶縁層4としてガラスを用いる場合、予め炭化珪素質焼結体又は窒化アルミニウム質焼結体からなる均熱板2を1200℃程度の温度に加熱し、絶縁層4を被着する表面を酸化処理しておくことで、ガラスからなる絶縁層4との密着性を高めることができる。

【0057】

【実施例】実施例 1

熱伝導率が80W/m・Kの炭化珪素質焼結体に研削加工を施し、板厚4mm、外径230mmの円盤状をした均熱板2を複数製作し、各均熱板2の一方の主面に絶縁層4を被着するため、ガラス粉末に対してバインダーとしてのエチルセルロースと有機溶剤としてのテルピネオールを混練して作製したガラスペーストをスクリーン印刷法にて敷設し、150℃に加熱して有機溶剤を乾燥させたあと、550℃で30分間脱脂処理を施し、さらに700~900℃の温度で焼き付けを行うことにより、ガラスからなる厚み200μmの絶縁層4を形成した。ついで絶縁層4上に発熱抵抗体5を被着するため、導電材として20重量%のAu粉末と10重量%のPt粉末と70重量%のガラスを所定量のバインダーおよび溶剤と混合したペーストを、スクリーン印刷法にて所定のバタ



ーン形状に印刷したあと、150℃に加熱して有機溶剤を乾燥させ、さらに450℃で30分間脱脂処理を施したあと、500～700℃の温度で焼き付けを行うことにより、厚みが50μmの発熱抵抗体5を形成した。発熱抵抗体5は、中心部と、外周部を周方向に4分割した5パターン構成とした。

【0058】こうして準備した発熱抵抗体5の一部にトリミングを施し、周囲の抵抗に対し20%、50%、100%、200%、250%抵抗を増加させるように、回転ゴム砥石により発熱抵抗体5を厚み方向に研磨して抵抗値を調整した。また、同一の抵抗調整をレーザートリミングにより発熱抵抗体5の厚み方向90%を発熱抵抗体5の全長に略平行な方向に削り取り、抵抗調整した。

\*

番号	トリミング方法	トリミング抵抗調整率(倍)	初期抵抗(Ω)	耐久後(Ω)	抵抗変化率(%)
1	—	1	2	2.001	0.05
2	ゴム砥石	1.2	2.4	2.403	0.13
3	↑	1.5	3	3.03	1.00
4	↑	2.0	4	4.065	1.63
5	↑	3.0	6	6.14	2.33
6	↑	3.5	7	7.38	5.43
7	レーザー	1.2	2.4	2.405	0.21
8	↑	1.5	3	3.05	1.67
9	↑	2.0	4	4.105	2.63
10	↑	3.0	6	6.28	4.67
11	↑	3.5	7	7.57	8.14

\*は、本発明の請求範囲外である。

【0063】表1から判るように、2Ωの抵抗部分をトリミングした試料について、抵抗値を3.5倍となるようにトリミングしたNo. 6、11は、抵抗値が5%以上変化したのに対し、抵抗値が1～3倍の範囲となるようにトリミングしたNo. 1～5および7～11は、耐久テストによる抵抗変化率が5%以下となった。

#### 【0064】実施例 2

ここでは、レーザートリミングの方法について評価した。

【0065】実施例1と同様な方法で準備した試料を用いて、レーザートリミングの条件を変更し、トリミング深さを発熱抵抗体5の厚みの50%、70%、80%、90%、100%と変更して抵抗値を調整した試料を製作した。レーザートリミングする部分の抵抗値2Ωの部分

部分をレーザートリミング後3Ωとなるようにトリミング

番号	トリミング方法	トリミング深さ(パターン比)(%)	初期抵抗(Ω)	耐久後(Ω)	抵抗変化率(%)
1	レーザー	50	3	3.01	0.33
2	↑	70	3	3.01	0.33
3	↑	80	3	3.03	1.00
4	↑	85	3	3.05	1.67
5	↑	90	3	3.08	2.67
6	↑	95	3	3.12	4.00
7	↑	100	3	3.14	4.67

【0071】表2から判るように、レーザーによるトリミング深さを発熱抵抗体5の厚みに対し95%、100%としたNo. 6、7は、トリミングパターン14を形

\*【0059】その後、均熱板2全体の温度が1分間で350℃となるような電圧を印加し3分間保持した後、2分で40℃以下に冷却する熱サイクルを5000サイクルかけて、その前後のトリミングを施した部分の抵抗値変化を調査した。

【0060】抵抗測定は、4端子法により接触抵抗を無視できるようにして測定した。また、評価基準として、上記の耐久テストにおいて、抵抗変化率が5%以内のものをOKとし、5%を越えるものをNGとして評価した。

【0061】それぞれの結果は表1に示す通りである。

【0062】

【表1】

※グし、各々のサンプルの耐久後の抵抗変化を調査した。

【0066】なお、トリミング深さは、表面粗さ計を用いて5点の深さを確認し、それぞれの最深部の深さを平均してトリミング深さとした。

【0067】このようにして、準備したサンプルについて、実施例1と同様な方法で耐久性を評価し、その前後のクラック発生の有無およびトリミング部の抵抗変化を確認した。

【0068】クラック長さについては、トリミングパターンを写真撮影し、トリミングパターンの平均的な幅の線を引き、この線から直角な方向へのはみ出し距離をクラック長さとして測定した。

【0069】結果を、表2に示した。

【0070】

【表2】

成した部分の抵抗変化率が4%以上と大きくなった。

【0072】これに対し、レーザートリミング深さが発熱抵抗体5の厚みに対し90%以下であるNo. 1～5

は、トリミングパターン14を形成した部分の抵抗変化率が3%以下と小さくなることが判った。

### 【0073】実施例 3

ここでは、レーザートリミングした場合の発熱抵抗体5に発生するクラック長さaと耐久性を評価した。クラック長さaは、レーザートリミング条件を調整することにより各レベルのものを準備した。前記クラックの幅aは、200~400倍の電子顕微鏡写真により確認し \*

番号	クラック長さ (初期) ( $\mu\text{m}$ )	クラック長さ (耐久後) ( $\mu\text{m}$ )	変化率 (%)	抵抗値 (初期) ( $\Omega$ )	抵抗値 (耐久後) ( $\Omega$ )	変化率 (%)
1	0	0	—	3	3	0.00
2	22	22	0.00	3	3.01	0.33
3	51	51	0.00	3	3	0.00
4	73	73	0.00	3	3.01	0.33
5	91	91	0.00	3	3.02	0.67
6	100	100	0.00	3	3.03	1.00
7	134	145	8.21	3	3.13	4.33

【0076】表3から判るように、耐久テスト初期のクラック長さaが134 $\mu\text{m}$ であったNo. 7は、耐久後クラックが成長し、抵抗変化率が大幅にアップした。これに対し、クラック長さaが100 $\mu\text{m}$ 以下であるNo. 1~6は、クラックが成長せず抵抗変化率が1%以下となり、良好な耐久性を示した。

### 【0077】実施例 4

ここでは、レーザートリミングした場合の発熱抵抗体5に発生する反応層51の幅bと耐久性の関係を評価した。反応層51の幅bは、電子顕微鏡写真により発熱抵抗体5に形成されたトリミングパターン14の周囲の盛り上がり部の幅bを測定することにより確認した。また、サンプル作製方法は実施例1と同様に、評価方法および測定方法は実施例2と同様にした。なお、各試料の抵抗調整は、初期2 $\Omega$ の部分が3 $\Omega$ となるようにレーザートリミングし、各々の耐久性を評価した。

【0078】結果は、表4に示した。

【0079】

【表4】

番号	反応層幅 ( $\mu\text{m}$ )	初期抵抗 ( $\Omega$ )	耐久後抵抗 ( $\Omega$ )	変化率 (%)
1	20	3	3.01	0.33
2	50	3	3.01	0.33
3	80	3	3.02	0.67
4	100	3	3.02	0.67
5	130	3	3.03	1.00
6	150	3	3.09	3.00
7	180	3	3.14	4.67

【0080】表4から判るように、反応層51の幅bが150 $\mu\text{m}$ を越えるNo. 7は、耐久後の抵抗変化率が4%を越えて大きくなった。これに対し、反応層51の幅bが150 $\mu\text{m}$ 以下であるNo. 1~6は、抵抗変化率が3%以下となり良好な耐久性を示した。

### 【0081】実施例 5

ここでは、レーザートリミングする場合の発熱抵抗体5

\*た。また、サンプル作製方法は実施例1と同様に、評価方法および測定方法は実施例2と同様にした。なお、各試料の抵抗調整は、初期2 $\Omega$ の部分が3 $\Omega$ となるようにレーザートリミングし、各々の耐久性を評価した。

【0074】結果を表3に示した。

【0075】

【表3】

の材質と耐久性の関係を調査した。サンプルの作製方法は実施例1と同様に、評価方法および測定方法は実施例2と同様にした。トリミング深さは発熱抵抗体厚みの80%とした。発熱抵抗体5の材質としては、導通成分となる金属成分として、Au、Au-Cu、Au-Ni、Au-Pt、Au-Rh、Ptを各々30重量%と残部がガラスからなるものを用いて各試料を作製した。

【0082】結果は、表5に示した。

【0083】

【表5】

番号	発熱抵抗体 金属材料	初期抵抗 ( $\Omega$ )	耐久後抵抗 ( $\Omega$ )	変化率 (%)
1	Au	3	3.01	0.33
2	Au-Cu	3	3.13	4.33
3	Au-Ni	3	3.09	3.00
4	Au-Pt	3	3.01	0.33
5	Au-Rh	3	3.01	0.33
6	Pt	3	3.03	1.00
7				

【0084】表5から判るように、金属成分としてAu-Cu、Au-Niを用いたNo. 2、3は、耐久テスト後の抵抗変化率が3~4.3%程度と大きくなった。これは、用いている金属材料であるCuやNiが耐久テスト中に酸化しているものと推定した。これに対し、Au、Au-Pt、Au-Rh、Ptを用いたNo. 1、3~6は、耐久テスト後の抵抗変化率が1%以下と小さく、良好な耐久性を示した。

【0085】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、セラミックスからなる板状体の一方の主面に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電気的に接続される給電部を具備してなるセラミックヒーターにおいて、前記発熱抵抗体の少なくとも一部を、周囲のパターンの抵抗値に対し3倍以内の抵抗値にトリミングした抵抗調整部を有することにより、均熱性に優れたセラミックヒーターを得ることができ、これを用いることによって均熱性に優

れたウエハ加熱装置とすることが可能となった。

【0086】また、抵抗値のトリミング方法については、厚み方向に発熱抵抗体を削り取る手法や、発熱抵抗体を厚み方向90%以下の深さに略全長方向にレーザートリミングする手法を用いることが可能である。さらに、レーザートリミングにより抵抗調整する際、レーザーにより発生する発熱抵抗体のクラックは、100 $\mu$ m以下とする事が好ましい。また、レーザートリミングにより発生する反応層の幅は150 $\mu$ m以下とする事が好ましい。レーザートリミング条件をこのように調整することにより、均熱性に優れ耐久性良好なウエハ加熱装置を得ることができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のウエハ加熱装置の一例を示す断面図である。

【図2】本発明のウエハ加熱装置の発熱抵抗体の一例を示す平面図である。

【図3】本発明のウエハ加熱装置の発熱抵抗体の一例を示す平面図である。

【図4】本発明のウエハ加熱装置の発熱抵抗体の一例を示す平面図である。

【図5】本発明のウエハ加熱装置の発熱抵抗体を示す図であり、(a)はトリミング前、(b)はトリミング後の拡大断面図である。

【図6】本発明のウエハ加熱装置における発熱抵抗体のレーザートリミングを示す図であり、(a)は平面図、(b)はそのX-X断面図である。

【図7】本発明のウエハ加熱装置における発熱抵抗体のレーザーによるトリミングパターンに発生するクラック\*

\*の模式図である。

【図8】本発明のウエハ加熱装置における発熱抵抗体のレーザートリミングにより発生する反応層を示す模式図である。

【図9】従来のウエハ加熱装置を示す分解斜視図である。

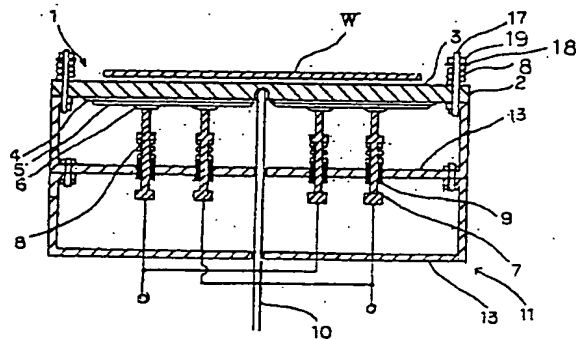
【図10】従来のウエハ加熱装置における発熱抵抗体を示す平面図である。

【図11】従来のウエハ加熱装置における均熱板の断面図である。

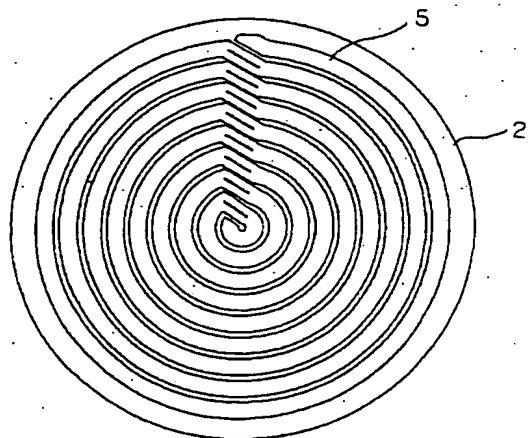
【符号の説明】

- 1：ウエハ加熱装置
- 2：均熱板
- 3：載置面
- 4：絶縁層
- 5：発熱抵抗体
- 6：給電部
- 7：導通端子
- 8：弾性体
- 10：熱電対
- 11：支持体
- 14：トリミングパターン
- 16：クラック
- 17：反応層
- a：長さ
- b：幅
- 52：抵抗調整部
- W：半導体ウエハ

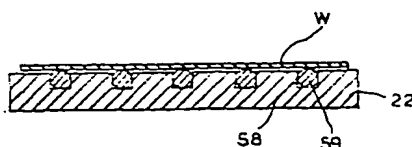
【図1】



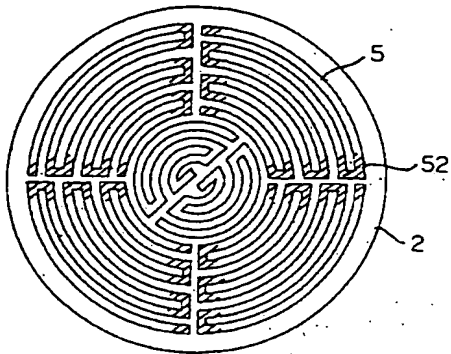
【図2】



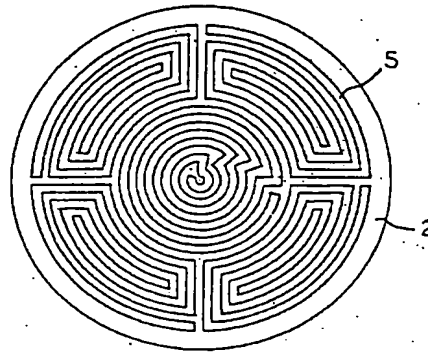
【図11】



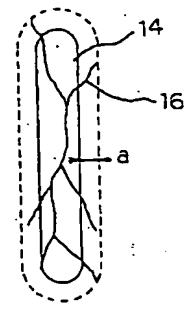
【図3】



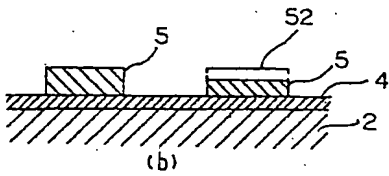
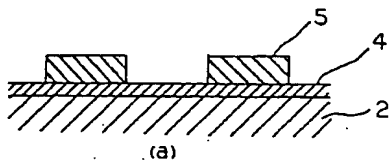
【図4】



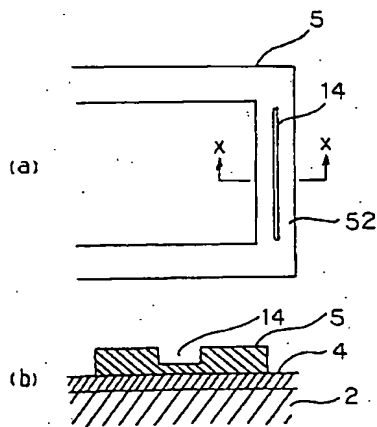
【図7】



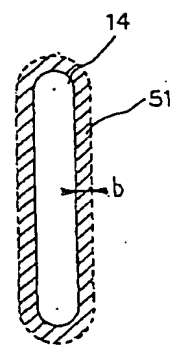
【図5】



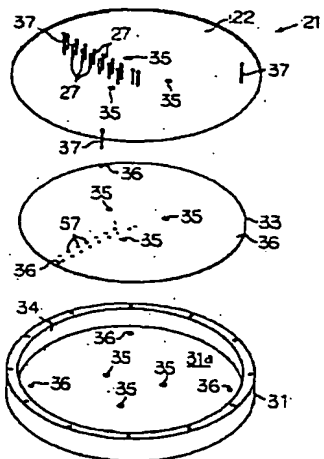
【図6】



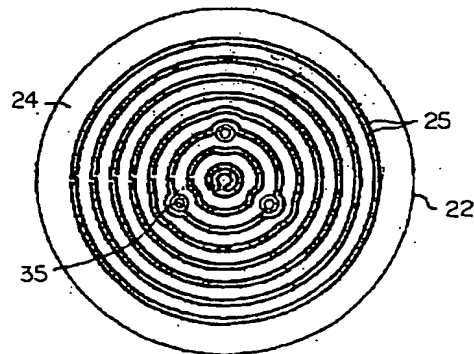
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

キーワード(参考)

H 0 5 B 3/12

H 0 5 B 3/68

// H 0 5 B 3/68

H 0 1 L 21/302

B

F ターム(参考) 3K034 AA02 AA21 AA22 AA34 BB06

BB14 BC04 BC12 BC29 CA02

CA03 CA15 CA28 DA04 EA07

EA15 FA14 FA17 HA01 HA10

JA01 JA02

3K092 PP09 QA05 QB02 QB44 QB45

QB71 QB76 QC02 QC05 QC07

QC08 QC38 RF03 RF11 RF17

RF22 SS18 SS24 TT22 UA05

VV19 VV22 VV28 VV34

5F004 AA01 BB18 BB26 BC08

5F031 CA02 CA05 HA02 HA18 HA19

HA37 MA24 MA28 MA32

5F045 EK08 EK21 EM09